

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-204815

(43)Date of publication of application : 27.07.1992

---

(51)Int.Cl. G02F 1/035  
G02B 6/12  
G02F 1/05

---

(21)Application number : 02-338250

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 30.11.1990

(72)Inventor : SUGIHARA YOSHIO

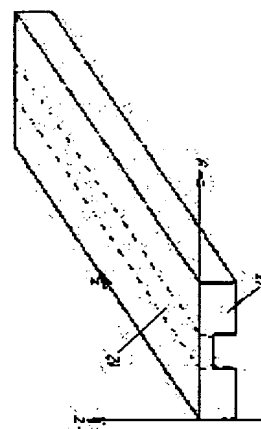
---

(54) OPTICAL WAVEGUIDE MODULATOR AND PRODUCTION THEREOF

## (57)Abstract:

PURPOSE: To enable stable driving at low voltage by recessing an LiNbO<sub>3</sub> crystal, specifying the thickness of the bottom of the recess as an optical waveguide part and embedding electrodes in parts above and below the recess.

CONSTITUTION: The longitudinal direction (depth direction) of an LiNbO<sub>3</sub> crystal as a substrate material 11 is allowed to coincide with the  $-z$  axis direction of the crystal so as to make effective use of the electro-optical effect in the longitudinal direction. The electro-optical effect of an optical waveguide part 12 is enhanced by recessing the crystal and the thickness of the bottom of the recess as the waveguide part 12 is set in consideration of a guide mode and the wavelength of light used. This thickness is regulated to 5-20 $\mu$ m in consideration of the limit of recessing technique dependent on the characteristics of the crystal, the depth of diffusion of ions, the guide mode, the intensity of an electric field, etc. Electrodes are embedded in parts above and below the recess and voltage is impressed between the electrodes. Stable driving at low voltage is enabled.



---

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## ⑫ 公開特許公報(A) 平4-204815

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)7月27日

G 02 F 1/035

G 02 B 6/12

G 02 F 1/05

5 0 1

J

7159-2K

7036-2K

7159-2K

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全4頁)

⑭ 発明の名称 光導波路型変調器及びその製造方法

⑮ 特 願 平2-338250

⑯ 出 願 平2(1990)11月30日

⑰ 発 明 者 杉 原 美 穂 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
 ⑱ 出 願 人 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地  
 ⑲ 代 理 人 弁理士 小 鍛 治 明 外2名

## 明 細 書

## 1、発明の名称

光導波路型変調器及びその製造方法

## 2、特許請求の範囲

(1) L I N b O<sub>3</sub> 結晶に T i あるいはプロトンイオンを拡散した、光導波路型変調器の構成において、L I N b O<sub>3</sub> 結晶上の光導波部分の断面構造において、凹溝を設け、その凹溝の残った部分の L I N b O<sub>3</sub> の厚さを5ミクロンから20ミクロンの範囲にとり、さらに光導波路型変調器では、凹溝の上下部に電極を埋め込んだことを特徴とする光導波路型変調器。

(2) 光導波路型変調器の光導波路部の凹溝の作製において、L I N b O<sub>3</sub> 結晶の一部を、リン酸と硝酸を主成分とする、エッチング液を加熱して用いさらに、外部からエッチングの領域に光を照射することを特徴とする光導波路型変調器の作製方法。

(3) 光導波路型変調器の光導波路部分の凹溝の作製方法において、イオンミリング法により作製

し、前記イオンミリング用のイオン源として、フッソイオンを主成分とするイオンエッチングで作製することを特徴とする光導波路型変調器の作製方法。

## 3、発明の詳細な説明

## 産業上の利用分野

本発明は光ファイバーと一体化して用いる光導波路デバイス及び光導波路型変調器の構成と、その作製方法に関するものである。

## 従来の技術

L I N b O<sub>3</sub> 結晶を用いた光導波路型変調器は、超高速信号を処理するためのデバイス、特に数十GHzまでの広帯域の変調器として有用性が高く、他に匹敵する手段が無いため、その実用化が求められてきた。しかし特性を安定に再現するための手段、特にその製造技術が確立されていないため、その開発の確立が求められている。光導波路および、光導波路型変調器の構成は、L I N b O<sub>3</sub> 結晶上にフォトリソグラフィ法で数ミクロンの光導波路部分を作る。そのさい、光の導波路部分に

は、 $\text{LiNbO}_3$  結晶上に  $\text{Ti}$  を拡散させて、周囲より屈折率を大きくして、 $\text{Ti}$  拡散部に光を閉じ込める構成を取るのが一般的な方法である。さらに光導波路型変調器は光を2方向に分けて、高周波電界をかけて、 $\text{LiNbO}_3$  結晶の電気光学効果により光面の位相面を回転させ、他方の光と干渉させることにより、光の強度信号として外部に取りだし、変調器として用いる。

#### 発明が解決しようとする課題

光導波路型デバイス作製の技術課題として、 $\text{LiNbO}_3$  結晶の表面に  $\text{Ti}$  の制御された形での拡散技術が重要な技術となる。さらにデバイス構成では素子の低電圧駆動構成、光導波損失の少ない変調器構成が求められてきた。

上記の課題のうち、 $\text{Ti}$  拡散に伴って発生する課題は、 $\text{LiNbO}_3$  の結晶の上にデバイスを構成するさいに、 $\text{LiNbO}_3$  結晶内で屈折率、 $\text{Ti}$  拡散量等が制御された形での結晶が、得られていないことが、特性のバラツキの大きな要因となっている。これを解決するための、結晶の特性

としても  $\text{Ti}$  拡散構造を取っているが、 $\text{Ti}$  拡散の深さ方向への正確な拡散濃度及び分布の制御は非常に難しい。それに比べ本発明の構造は深さ方向に対しては、 $\text{LiNbO}_3$  のエッチングによって正確に制御された深さで、導波路幅を実現し、さらにそれらのエッチング面は、完全な光の反射面を実現することが可能となる。

光導波路型変調器を構成するためには  $\text{LiNbO}_3$  の光導波路部分の凹みの作製のために正確な  $\text{LiNbO}_3$  結晶のエッチング技術が必要となる。従来  $\text{LiNbO}_3$  のエッチング方法としては適切な手段がなかったため実現していなかったが、本発明ではリン酸と熱硝酸と、光化学反応を用いることによって、深さ方向と線幅方向に正確に制御された形でのエッチングが可能となる。さらにエッチング面の表面荒さも、光導波路を構成するのに十分な面粗度が得られることが分かった。

#### 作用

$\text{LiNbO}_3$  を用いた光導波及び光導波路型変

のバラツキを吸収してくれるデバイス構成が求められてきた。

光導波路の作製の光導波路パターンに限定するなら、近年の半導体作製技術を用い、ホトリソグラフィ技術で非常に高い精度で、サブミクロンのパターンを容易に、かつ大量に作製できるが、実際の光導波路は結晶の特性を反映して、パターン通りの形では光導波路は実現しない。

#### 課題を解決するための手段

$\text{LiNbO}_3$  結晶を用いた、光導波路及び、光導波路型変調を再現性よく製造するための手段として、光導波路の形状と、その製造方法を改善することによって実現することを可能にするものである。

光導波路の作製には従来の  $\text{Ti}$  拡散による屈折率の増加による光の閉じ込め構造を踏襲する。いかに確実に光を閉じ込める構造にするかが課題となるが、本発明は光導波路部分を凹みを有する構造にすることにより、物理的に光の深さ方向への伝搬を防止する構造をとる。従来は深さ方向に対

調器の特性を安定にするために、光導波路の構成を改良することにより、光導波特性と光導波路型変調器の変調電圧を下げる事が可能となった。さらに、光導波路及び光導波路型変調器の作製にさいし、光効果を加えたエッチング方法が有効であることを見出した。

$\text{LiNbO}_3$  のエッチングには、上記の方法の他にイオンエッチング技術を生かした、フッソイオンが  $\text{LiNbO}_3$  のイオンエッチングに有効であることを見出した。

#### 実施例

第1図に  $\text{LiNbO}_3$  結晶上の光導波路及び光導波路型変調器の光導波路部分の構造図を示す。第1図において、基盤材料11である  $\text{LiNbO}_3$  の結晶は上下方向（深さ方向）の電気光学効果を有効に生かすために、上下方向を結晶の  $z$  軸方向に取ってある。

光導波路を作製するためには、光を導波路部分に閉じ込めなければならない。光を閉じ込めるための一般的な技術として、 $\text{LiNbO}_3$  の導波路

部の屈折率を大きくとる。屈折率を増加させるためにLiNbO<sub>3</sub>結晶上に、Tiあるいはプロトン原子を拡散させて光導波路を作製する。

Ti拡散光導波路部分12の作製には、Tiの拡散技術が光の導波特性に大きく影響する。Tiの拡散領域を導波路の伝搬部分に直面の深さ方向、光導波路の幅方向に対して拡散濃度分布を一定に保ち、さらに光伝搬部の表面を光学的な表面荒さに保った導波路を作製することは容易ではない。

その理由は、約1000度の拡散温度について数度の温度誤差で制御を必要とする様に、Tiの拡散現象はデリケートで、特に結晶の性質を反映し、再現性を有するデバイスの作製は容易ではない。

さらにTi拡散の際の触媒的な役割として、水蒸気の雰囲気があることが知られているが、水蒸気の濃度の制御が要求される。

このような複雑なプロセスを簡略にするために光導波路のLiNbO<sub>3</sub>の深さ方向への拡散の影響を取り去るために、本発明の光導波路部分を凹

型構造にすることによって解決した。

第1図において、光導波路型変調器の変調用の電圧印加用の電極を凹部の内部に設けることにより電気光学効果を大きく取ることが可能となることを見出したが、その構造を示す。凹部の底部(光導波路部)の厚さは、光導波モードを用いる光の波長とを考慮して決定する。さらに凹部を作製する際のLiNbO<sub>3</sub>結晶の特性から生じる加工技術の技術的な限界及び、イオンの拡散深さと伝搬モード、電界強度等を考慮して、光導波路歩分を5ミクロンから20ミクロンの範囲に取る。

光導波路型変調器の電圧の印加用として、上部に電極を設けて、凹みの上下に電圧を印加する。

第1図の構造をさらに改良して、第2図(a)、(b)に示す構造が有効となる。第2図は、デバイス作製後動作の不安定性の原因となるLiNbO<sub>3</sub>の焦電効果を防止するためと、光の閉じ込め効果を増大させるための目的のために、LiNbO<sub>3</sub>の上部にバッファ層14を構成し、さらにその上部に印加用電極13、15を構成する。

第1図及び第2図の構造に於いて、光導波路に凹溝を作製することが重要な技術となる。

LiNbO<sub>3</sub>の上に上記の精度で、凹部を作製するためには機械加工では実現しない。単に構造だけでなくダイヤモンド等のカッターで溝を切ることとも可能であるが、光導波路のようにクラックの無い溝の加工には機械加工方法では実現しない。

さらに、凹溝の表面荒さが光の伝搬損失として影響しない表面荒さ(0.1ミクロン以下)が要求される。

本発明では、凹溝を作製するために、2通りの方法を発明した。

その一つは第3図に示す、光エッチング効果を用いた溝の作製である。以下に光エッチング効果を用いたデバイスの作製を示す。LiNbO<sub>3</sub>のエッチング液36として、リン酸と硝酸の混合液にLiNbO<sub>3</sub>エッチング試料35を入れる。前もってTi拡散を行なって光導波路の概略を作製しておく。エッチング液(必要なら加熱バット37をとおり加温しておく)に浸したLiNbO<sub>3</sub>の

上に、光を照射して、エッチングを加速することによって、光の照射部分だけがエッチングされる異方性エッチングを実現する。エッチング部を決定する光のマスクパターンは、レーザー等の光をスキヤニングしても良いし、光源31と、反射鏡32、レンズ34を有する露光器等の平行光で照射しても良い。

光エッチング効果を用いた光導波路の作製は、光導波の様にデバイスとして精密なエッチング技術が、必要な際にエッチングパターンを光で照射しその部分のみをエッチングすることにより、従来の機械加工法では不可能であったサブミクロンの精度での光導波路の作製が可能となった。

さらに第2のエッチング方法として、イオンミリング法によるエッチングも有効であることを見出した。その際にはLiNbO<sub>3</sub>の化学的な安定性を考慮して、エッチングイオンとして、フッソイオンがエッチング速度を比較的大きく取ることが可能であることが分かった。イオンミリング法は、光エッチング法の様にマスク効果は持ってい

ないために、マスクパターン 33 が必要となることに注意しておく。

#### 発明の効果

$\text{LiNbO}_3$  の結晶を用いて光導波路及び光導波路型変調器の作製において、光導波路部分の構造を凹型の溝構造を取ることによって、安定にかつ低電圧で駆動が可能な光導波路型変調器が実現できた。さらに光導波路あるいは光導波路型変調器の光導波路部分の凹溝の作製に、光を用いたエッチング方法が特に有効であることを見出した。

この方法を採用することにより、ミクロン領域の曲線形を有する光導波路構造の溝型での光導波路が実現した。

他のエッチング方法として、イオンミリング方法があるが、エッチングイオンとして、フッ素イオンが  $\text{LiNbO}_3$  のエッチングに有効であることを見出した。

#### 4、図面の簡単な説明

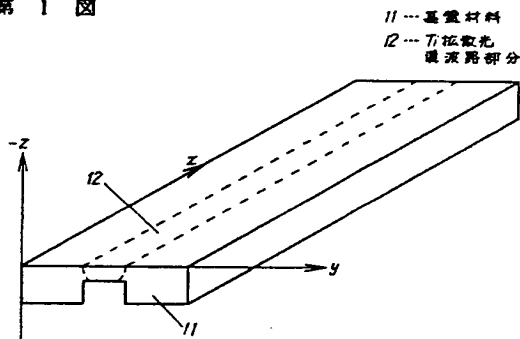
第 1 図は光導波路基本構造図、第 2 図は光導波路型変調器の構造図、第 3 図は光エッチング装置

の概念図である。

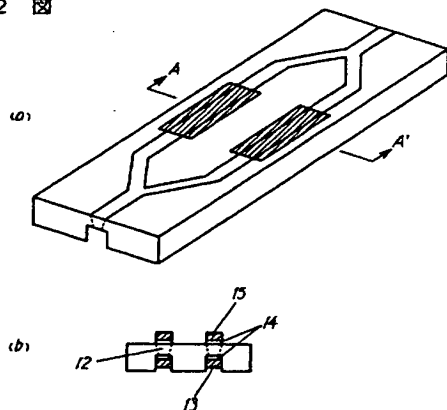
11 …… 基盤材料、12 ……  $\text{Ti}$  拡散光導波路部分、13、15 …… 電極、14 …… 光導波路あるいは光導波路型変調器用バッファ層、31 …… 光源、32 …… 反射鏡、33 …… マスクパターン、34 …… レンズ、35 ……  $\text{LiNbO}_3$  エッチング試料、36 …… エッチング液、37 …… 加熱バット。

代理人の氏名 弁理士 小銀治 明 ほか 2 名

第 1 図



第 2 図



第 3 図

